



Facultad de Educación

MÁSTER EN FORMACIÓN DEL PROFESORADO DE EDUCACIÓN SECUNDARIA

Desarrollando experimentos utilizando la robótica de
Arduino en la asignatura de Física de 2º de Bachillerato

Conducting experiments using Arduino robotics in the
subject of Physics in the 2nd year of Bachillerato

Alumna: María Santamarta del Rivero

Especialidad: Física, Química y Tecnología

Director: José Ángel Mier Maza

Curso académico: 2020/21

Fecha: 15 de junio de 2021

Vº Bº del director

Firma de la autora

RESUMEN

La Física es una disciplina con un carácter marcadamente experimental y, como tal, esta parte de experimentación debería ser introducida en la enseñanza de la asignatura de Física en los centros de educación secundaria. Es una tendencia cada vez más extendida la realización de experimentos de física utilizando las nuevas tecnologías, las cuales aportan renovación y frescura a los experimentos tradicionales. En concreto, el uso de la robótica educativa en la experimentación proporciona dinamismo a la clase, motivación entre los estudiantes y ayuda a comprender conceptos y a establecer relaciones entre la vida cotidiana y los fenómenos físicos. Además, favorece el desarrollo del pensamiento computacional y crítico del alumnado.

El objetivo de este trabajo es realizar una propuesta didáctica para implantar el uso de la robótica educativa en experimentos de la asignatura de Física del curso 2º de Bachillerato. En particular, se utilizará la plataforma Arduino por ser flexible, económica, fácil de manejar y por ofrecer múltiples posibilidades de experimentación en los diferentes campos de la Física. En este trabajo se presentan tres prácticas en las que los estudiantes llevarán a cabo un montaje de un circuito electrónico y una programación por bloques para posteriormente realizar un experimento relacionado con la Física.

Palabras clave: robótica educativa, física, Arduino, experimentación.

ABSTRACT

Physics is a discipline with a markedly experimental character and, as such, this part of experimentation should be introduced in the teaching of the subject of Physics in secondary schools. It is an increasingly widespread trend to carry out physics experiments using new technologies, which bring renewal and freshness to traditional experiments. In particular, the use of educational robotics in experimentation provides dynamism to the classroom, motivation among students and helps to understand concepts and establish relationships between everyday life and physical phenomena. In addition, it favors the development of computational and critical thinking among students.

The aim of this work is to make a didactic proposal to implement the use of educational robotics in experiments of the Physics subject of the 2nd year of Bachillerato. In particular, the Arduino platform will be used as it is flexible, inexpensive, easy to handle and offers multiple possibilities for experimentation in different fields of Physics. In this work three practices are presented in which students will carry out an assembly of an electronic circuit and a block programming to subsequently perform an experiment related to Physics.

Key words: educational robotics, physics, Arduino, experimentation.

Tabla de contenidos

1. Introducción y justificación	6
2. Marco teórico	8
2.1. La robótica en la educación.....	8
2.2. Introducción a Arduino	9
2.3. Experiencias del uso de Arduino como recurso experimental en Física.....	13
2.4. Relación con el currículo de Bachillerato	16
2.4.1. Justificación curricular.....	16
3. Objetivos	19
4. Propuesta didáctica.....	20
4.1. Contenidos	20
4.2. Desarrollo de las competencias clave	21
4.3. Materiales y recursos didácticos	24
4.4. Metodología y temporalización.....	26
4.5. Sesión de introducción	29
4.6. Prácticas	31
4.6.1. Práctica 1: Medida de la gravedad con un péndulo	31
4.6.2. Práctica 2: Termómetro de color.....	34
4.6.3. Práctica 3: Radar detector de objetos.....	37
5. Conclusiones	40
6. Bibliografía / Webgrafía.....	41
7. Anexos.....	45
7.1. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 1: Medida de la gravedad con un péndulo	45
7.2. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 2: Termómetro de color.....	46
7.3. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 3: Radar detector de objetos.....	47

1. Introducción y justificación

La Física es una disciplina científica extraordinariamente amplia y que da explicación a numerosos fenómenos. Está relacionada estrechamente con las matemáticas y con el pensamiento lógico. Es una tarea ardua la de un docente que explica física a sus alumnos, ya que muchas veces es difícil relacionar tanta abstracción con algo extraído del mundo que conocemos. Si analizamos la asignatura de Física en segundo de Bachillerato, vemos abarca un espectro muy amplio de conocimientos, de los cuales la mayoría son novedosos para el alumno. La enseñanza de los procesos físicos implica una explicación teórica del fenómeno y también una parte práctica, generalmente abordada mediante la resolución de problemas. No obstante, muchas veces se pierde la esencia de la propia física, que es dar explicación a los fenómenos que nos rodean, que forman parte de nuestra cotidianidad. Tradicionalmente, los estudiantes se centran en la memorización y no asocian los conceptos físicos con la tecnología y la vida real (Petry et al., 2016). No basta con que los estudiantes adquieran conocimientos conceptuales de los principios físicos, sino que también consigan la habilidad de interpretar los datos obtenidos, de diseñar experimentos para verificar hipótesis, de resolver problemas complejos y de trabajar en equipo (Karelina y Etkina, 2007). El correcto entendimiento de la Física cobra especial importancia por su gran componente social y cultural, ya que esta disciplina siempre ha estado estrechamente relacionada con el desarrollo de la humanidad. Es por eso por lo que la Física no solo debe ser ligada a su parte más teórica o matemática.

Por lo tanto, para que el aprendizaje del alumno sea fructífero es conveniente realizar experiencias prácticas en el aula. La experimentación es el fundamento del método científico y así se debe inculcar a los alumnos. Al margen de los experimentos tradicionales, esto se puede conseguir mediante la ayuda de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que son un gran aliado para actividades prácticas relacionadas con la física (Gil, 2015). En concreto, se puede utilizar la robótica educativa como una herramienta para desarrollar los saberes contenidos en el currículum de la asignatura de Física en segundo de Bachillerato y a la vez trabajar competencias y habilidades como el

pensamiento computacional, la experimentación científica y el aprendizaje cooperativo. Como mencionan Roig-Vila y Moreno-Isac (2020), el pensamiento computacional “se basa en tratar de implementar algunos de los conceptos básicos de las ciencias de la computación para tratar de resolver problemas cotidianos, diseñar sistemas domésticos y realizar tareas rutinarias” (p. 3). Gracias a estas herramientas, se puede aplicar el método científico a la vez que se desarrollan otras habilidades. Las herramientas computacionales aportan oportunidades para el análisis y el debate, fundamentales para una enseñanza efectiva (Petry et al., 2016).

Moreno et al. (2012) afirman en su trabajo que “la robótica educativa busca despertar el interés de los estudiantes transformando las asignaturas tradicionales (Matemáticas, Física, Informática) en más atractivas e integradoras” (p. 78). La metodología actual de enseñanza hace que la ciencia sea considerada como algo abstracto y complicado, y que el interés de los alumnos se desvíe de continuar sus estudios superiores en grados de ingeniería o ciencias. La robótica educativa adquiere el rol de medio y no de fin, ya que se trata de una herramienta para conocer la realidad y hacerla comprensible (Barrera Lombana, 2015). Es decir, que el utilizar una metodología basada en la robótica no tiene por qué significar que el objetivo es aprender a programar, sino desarrollar un pensamiento abstracto que no tiene por qué estar relacionado con los aparatos electrónicos (Roig-Vila y Moreno-Isac, 2020).

El presente trabajo tiene por objeto presentar una propuesta de realización de prácticas experimentales utilizando herramientas robóticas, planificadas para el final de varias unidades didácticas del currículum de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato. En los bloques de Interacción gravitatoria y Ondas se llevarán a cabo experimentos relacionados con los contenidos aprendidos en estos, los cuales abarcarán el montaje del instrumental, la programación de los dispositivos electrónicos, la realización del experimento y la respuesta de preguntas que relacionen el experimento y los conceptos y teorías físicas ya estudiadas previamente.

2. Marco teórico

2.1. La robótica en la educación

La robótica como herramienta educativa surgió en los años 60, de la mano de un grupo de investigadores del Laboratorio de Medio del Instituto de Tecnología de Massachusetts. Establecieron un acuerdo con la compañía LEGO y desarrollaron dispositivos tecnológicos que permitieran a los niños programarlos y utilizarlos para interactuar con el medio. Entonces surgió LEGO/Logo, una mezcla entre las piezas de construcción tradicionales y elementos de programación que se ejecutaban desde un ordenador (HiSoUR Arte Cultura Historia, 2018).

Es a mediados de los años noventa cuando se ve ampliada la oferta de robótica en universidades y colegios, utilizando distintas plataformas de robótica, y este método educativo comienza a ganar popularidad (López Ramírez y Andrade, 2013). Desde entonces, la industria de la robótica educativa se ha ido transformando y ha ido creciendo a pasos agigantados hasta convertirse en una herramienta valiosa en la enseñanza. Ya son varias las compañías que ofrecen kits de robótica o robots programables para niños, adolescentes o aficionados: desde los robots de LEGO hasta los kits de robótica de Arduino, mBot o Makeblock.

Estos kits de robótica se han convertido en una parte fundamental de las metodologías de aprendizaje, ya que pueden llevar al aula situaciones que la pizarra y los libros de texto tradicionales no son capaces de integrar (Odorico et al., 2009). En ocasiones, el objetivo principal a alcanzar es aprender a diseñar y construir un sistema autónomo y después programar el software del robot. Sin embargo, el uso de la robótica puede considerarse una herramienta, siendo el objetivo principal aprender otras disciplinas (Física, Química, Biología, etc.) y el objetivo secundario introducirse en el mundo de la construcción de sistemas y la programación. Esto se puede modificar dependiendo de cuál sea la intención del profesor. Si la robótica es la herramienta y no es el fin, el montaje y la programación del código pueden ser más o menos guiados. En el caso de la enseñanza de la Física, se pretende destinar la mayor parte del tiempo al aprendizaje de ésta. Como dicen Odorico et al. (2009), “resulta útil distinguir dos

tipos de aprendizaje cuando se utiliza la computadora como instrumento: aprender de la computadora y aprender con la computadora” (p. 2).

La robótica educativa es utilizada en el modelo de educación conocido como STEAM (las siglas en inglés de Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Arte y Matemáticas), el cual “ofrece una aproximación interdisciplinar integrada conectada con el mundo real y dirigida a la resolución de problemas” (Cilleruelo y Zubiaga, 2014, p. 2). Este modelo surgió en el 2006, y desde entonces cada vez son más los centros educativos que se adhieren a esta metodología para fortalecer los conocimientos científicos de los estudiantes y realizar actividades que impliquen utilizar disciplinas relacionadas con la ciencia (Sierra et al., 2019), como es el caso de la robótica en las aulas. Principalmente, lo que pretende es fomentar las competencias científico-matemáticas, en ocasiones unidas con la competencia digital al integrar software y hardware en la realización de prácticas (Diego-Mantecón et al., 2021).

Esta herramienta educativa constituye un modo de aprendizaje dinámico, en el que el estudiante explora, asume responsabilidades, se hace preguntas, construye y piensa de manera crítica. Las competencias que se desarrollan mediante el uso de la robótica educativa son tales como la toma de decisiones, el construir explicaciones razonadas y científicas y el trabajo cooperativo (López Ramírez y Andrade, 2013). Además, la materia que se imparte cobra interés y se presenta motivadora para los alumnos al utilizar una metodología novedosa, muy visual y con la que se puede “cacharrear”, lo que estimula la curiosidad del alumnado.

Además del trabajo en el aula, la robótica educativa ofrece la posibilidad de que el alumno experimente por su cuenta desde casa, tanto realizando simulaciones como programando o diseñando experimentos o sistemas de control con sus propios componentes electrónicos. Esto también puede ser muy útil de cara a sus estudios superiores tras la enseñanza obligatoria (Martín-Ramos et al., 2016).

2.2. Introducción a Arduino

La herramienta clave que se propone en este trabajo es Arduino, que es una plataforma de prototipos electrónica, de bajo coste y de código abierto que

permite crear objetos y entornos interactivos. Como se describe en su página web, “Arduino nació como una herramienta sencilla para crear prototipos rápidos, dirigida a estudiantes sin previos conocimientos de electrónica y programación” (Arduino, 2018).

Arduino nació en 2003 en Italia, creado para abordar varios problemas que presentaban otros microcontroladores, y se presentó como una atractiva herramienta para aficionados, diseñadores, profesores y estudiantes de diferentes niveles educativos (El-Abd, 2017). Arduino destaca por la sencillez de su programación. El usuario de Arduino no necesita adquirir una gran base de conocimientos sobre electrónica y programación antes de ponerse a manipular esta plataforma, ya que es muy intuitiva y está recomendada incluso para niños (Zambrano-de la Torre et al., 2020). Para un alumno que no esté familiarizado con la programación o con la electrónica, el aprendizaje de lenguaje Arduino no le va a suponer un duro trabajo, dejando espacio y tiempo para esforzarse en otros aspectos del experimento. No obstante, su simpleza no resulta desalentadora para usuarios de mayor nivel, ya que la plataforma es lo suficientemente flexible como para atraer a los expertos.

Arduino es una plataforma de hardware libre, lo que significa que las especificaciones de los productos Arduino son de acceso al público. Esto permite que cualquiera pueda copiar el diseño y construir una placa basada en la de Arduino. El que su software sea también libre permite descargar programaciones para gran variedad de sistemas y además da la oportunidad de modificar, mejorar o ampliar las partes que más convengan, en función de la intención del programador. También permite comprender y estudiar el lenguaje Arduino si la intención es entender el software a fondo. La programación de Arduino es compatible con Windows, Mac OS y Linux.

Un aspecto muy positivo a tener en cuenta es que Arduino es muy económico, comparándolo con las demás plataformas de microcontroladores del mercado. Esto también se aplica al diseño y montaje de experimentos, ya que hay veces que no se dispone de equipos de laboratorio de alto coste y Arduino permite el desarrollo de experimentos de bajo coste (Zambrano-de la Torre et al., 2020). Otras plataformas, como los robots educativos de LEGO, son quizá más atractivos para el usuario, pero más caros que los kits de Arduino. Si el

objetivo es utilizarlos en un aula de instituto, y se quiere abastecer a un gran número de alumnos, una de las opciones más asequibles y completas es Arduino.

Como ya se ha mencionado, la plataforma Arduino dispone tanto de hardware como de software, con un uso sencillo y adaptable (Herrador, 2009). Las placas de Arduino están basadas en un microcontrolador, que es como un pequeño ordenador dentro de la placa que es capaz de almacenar instrucciones que se le pasan desde otro ordenador y ejecutarlas a gran velocidad. En las Figuras 1 y 2 se pueden observar dos de las placas de Arduino más comúnmente utilizadas en robótica educativa: la Arduino Mega 2560 y la Arduino Uno.

Las placas tienen conexiones de entrada con las que reciben datos del exterior a través de diferentes sensores, que se encargan de detectar variables físicas o químicas y transformarlas en impulsos eléctricos. Los sensores pueden ser tanto digitales (pulsador, interruptor...) como analógicos (sensor ultrasónico, fotorresistor, sensor infrarrojo, sensor de temperatura...). También disponen de conexiones de salida para los actuadores, cuya función es generar una acción en el mundo real tal y como se ha especificado en la programación (por ejemplo, LEDs, zumbador, servomotor, motor de corriente continua, altavoz, pantalla...). Las placas también disponen de conexiones de tierra (GND) y de alimentación (5 y 3.3 V). En la Figura 3 se muestra un kit Arduino básico con una serie de componentes estándar. La gran ventaja es que, si se necesita un componente específico extra, o uno especializado para una función poco común, se puede obtener de forma individual en el mercado.

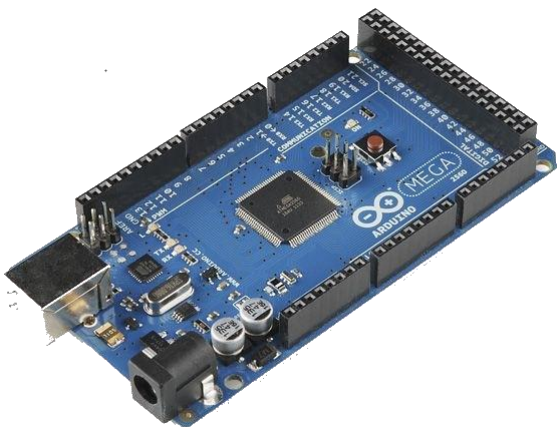


Figura 1. Placa Arduino Mega 2560.



Figura 2. Placa Arduino Uno.

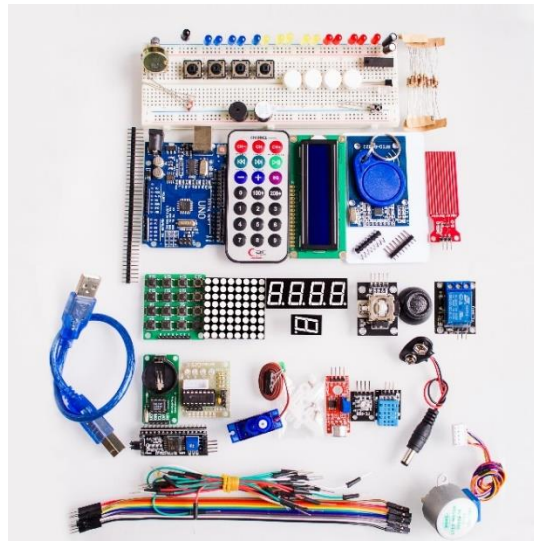


Figura 3. Kit Arduino Uno donde aparecen varios componentes comunes.

La plataforma Arduino ha ido ganando popularidad con los años, desde el 2003 que fue lanzada. Cada vez son más los centros educativos que optan por la adquisición de sus kits de robótica por la amplia oferta que poseen y lo económico y funcional de sus productos. De hecho, como indica El-Abd (2017) en su trabajo, “el número de publicaciones que involucran la plataforma Arduino ha aumentado considerablemente durante los últimos años” (p. 82). La Figura 4 representa un gráfico de barras con el número de publicaciones anuales relacionadas con Arduino en varias conferencias de educación en ingeniería: American Society for Engineering Education (ASEE), Frontiers in Education (FIE), IEEE Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE), and IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) (El-Abd, 2017).

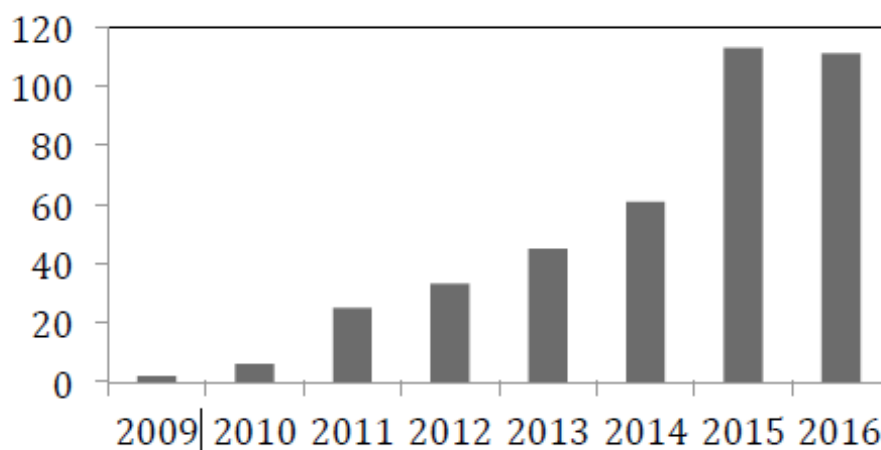


Figura 4. Número de publicaciones relacionadas con Arduino en conferencias de ingeniería educativa cada año. Fuente: El-Abd, 2017.

Esto es un motivo de peso para elegir Arduino como protagonista de esta propuesta didáctica. Además, la elección también se ha tomado en base a mi experiencia durante el período de prácticas en un centro educativo, ya que he participado e impartido la asignatura de Sistemas de Control y Robótica y estoy familiarizada con esta plataforma y con el modo de trabajar con ella.

2.3. Experiencias del uso de Arduino como recurso experimental en Física

La enseñanza de la Física en los centros educativos tiene como principal carencia, desde mi punto de vista, la falta de comprensión de los conceptos físicos por parte del alumnado. Como antigua estudiante de Física en Bachillerato y recién graduada en Física en la universidad, opino que son muchos los fenómenos que quedan a medio comprender, primando el aprenderse la ecuación que describe una ley física o una definición conceptual puramente de memoria. La relación de la teoría presente en los libros de texto y el mundo en que vivimos tiene que ser continua, para que el alumno pueda racionalizar los procesos que observa y comprender la utilidad del estudio de la Física. Según Alegre y Cuetos (2021):

...pueden presentarse dificultades a la hora de entender ciertos conceptos físicos y químicos, ya que, con los métodos de instrucción tradicional, muchos estudiantes toman pasivamente apuntes de clase y simplemente

memorizan la información y las ecuaciones a aplicar, pero no analizan los conceptos subyacentes para comprender los fenómenos completamente.

(p. 2)

Por estos motivos, las analogías, los ejemplos y la realización de experimentos en las asignaturas de ámbito científico son fundamentales para el proceso de enseñanza-aprendizaje. Este último caso, el de los experimentos, es el que trata de abordar este trabajo. La experimentación es un pilar fundamental para la asunción de fenómenos físicos. No obstante, hay ocasiones que el instrumental de laboratorio está limitado en número y no puede ser utilizado al mismo tiempo por todos los estudiantes. O incluso el instrumental es demasiado delicado o complicado y es utilizado por el profesor, mientras los alumnos tan solo observan el efecto (Organtini, 2018).

En los últimos años, se ha encontrado una solución para este tipo de problemas. La tendencia consiste en automatizar los puestos experimentales, lo que aporta flexibilidad al diseño del experimento, lo abarata y además garantiza que las condiciones de éste sean prácticamente las mismas todas las veces que se repita (Lesteiro-Tejeda et al., 2017).

En concreto, son muchas las fuentes bibliográficas que hablan de la unión de la física con la robótica de la mano de la plataforma Arduino. Como ya se ha mencionado, la sencillez, adaptabilidad y bajo coste de esta plataforma favorecen la inclusión de la tecnología en los laboratorios de física de los institutos e incluso de los grados universitarios. Alegre y Cuetos (2021) afirman en su trabajo que “la utilización de la tecnología de sensores integrada con Arduino puede ayudar a los estudiantes a entender cambios físicos y químicos, relación entre variables dependientes y obtención de datos en tiempo real” (p. 14). El uso de Arduino implica una observación del entorno al diseñar y desarrollar el experimento, una adquisición de datos de manera automática por la computadora para luego un posterior análisis de los resultados, de los que se extrae una conclusión de cierto fenómeno físico. A diferencia de lo que puede ocurrir con los experimentos tradicionales, la utilización de esta plataforma implica una gran reducción en el tiempo de registro y procesamiento de datos, ya que la observación y la toma de medidas a mano puede resultar tediosa y lenta en ocasiones. El tiempo ahorrado puede servir para profundizar en ciertos

conceptos físicos que resultan más complicados de comprender para el alumnado o para realizar una mayor cantidad de experimentos. También permite obtener resultados experimentales que se acerquen más al valor bibliográfico que los que se podrían obtener sin la automatización del experimento mediante la plataforma Arduino (Domínguez et al., 2019).

Mediante Arduino se crea un ambiente activo e interdisciplinar, ya que se unen conceptos matemáticos, fenómenos físicos o químicos, sensores, electrónica y programación (Fornaza y Webber, 2014), cuando anteriormente la relación de la Física con otras disciplinas se limitaba casi exclusivamente a la matemática (Organtini, 2018). Los componentes electrónicos de fácil montaje y programación favorecen la aplicación del método científico por parte del alumno, a la vez que desarrollan su pensamiento crítico, su resolución de problemas y su razonamiento. Cabe mencionar que otra ventaja para el desarrollo de prácticas experimentales usando esta plataforma es la amplia variedad de componentes electrónicos disponibles en el mercado, ya que esto favorece el diseño de experiencias que involucren fenómenos físicos de diferentes clases: de mecánica y dinámica, de electricidad y magnetismo, de óptica, de ondas, de termodinámica... En el caso de la asignatura de Física en 2º de Bachillerato, el extenso rango de fenómenos físicos que se estudian se ve favorecido por esta flexibilidad y variedad en los componentes de Arduino. Por ejemplo, el tema de Ondas se puede relacionar fácilmente con un sensor ultrasonido (Figura 7), el de Dinámica o Mecánica con un acelerómetro (Figura 5), el de Termodinámica con un sensor de temperatura (Figura 6), o el tema de Magnetismo con el sensor Hall.

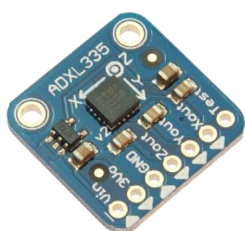


Figura 5. Acelerómetro.

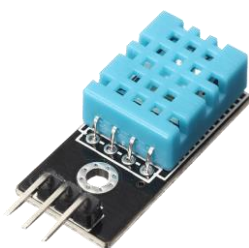


Figura 6. Sensor de temperatura.

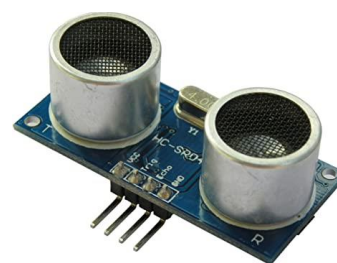


Figura 7. Sensor ultrasónico.

2.4. Relación con el currículo de Bachillerato

Como se ha comentado anteriormente, el desarrollo de proyectos utilizando la robótica educativa se puede llevar especialmente a las asignaturas del ámbito científico: Física, Química, Biología, Tecnología, etc. No obstante, la robótica educativa también es compatible con las ciencias sociales. De hecho, se considera una herramienta muy útil para los proyectos interdisciplinares en los centros educativos.

En el caso de este trabajo, el uso de la robótica educativa se quiere aplicar a la asignatura de Física de 2º de Bachillerato, en especial a dos bloques de contenidos distintos de esta materia. Se ha elegido este curso por ser muy completo y novedoso en lo que se refiere a conceptos físicos y campos de conocimiento de la Física, lo que permite diseñar varias experiencias prácticas diferentes entre sí y que den explicación a los conceptos teóricos explicados en el aula.

Además, este curso comprende el año previo al inicio de una carrera universitaria para la mayoría de los alumnos, por lo que deben iniciarse en el mundo de la experimentación, el análisis de datos y la programación, conceptos comunes en los grados de ingeniería y los relacionados con las ciencias. La toma de decisiones sobre su futuro académico puede estar relacionada con lo curiosa, motivadora y atractiva que una asignatura le resulte y, en este caso, se pretende mostrar a los alumnos la parte más experimental y activa de la Física, en oposición con la clase magistral con la que muchos alumnos relacionan la Física y demás disciplinas científicas.

2.4.1. Justificación curricular

A continuación, se va a justificar la adecuación de esta propuesta a lo establecido en el Decreto 38/2015 del Boletín Oficial de Cantabria, del 22 de mayo, en el cual se describe el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria, en concreto en el apartado de la asignatura de Física en 2º de Bachillerato.

Los siguientes puntos referidos a orientaciones metodológicas y extraídos de este documento establecen la necesidad de la experimentación en la asignatura de Física y de relacionarla con las nuevas tecnologías. También habla de la necesidad de crear actividades diferentes a la clase magistral tradicional para hacer la asignatura atractiva para los alumnos.

Tabla 1. Afirmaciones del currículum de Bachillerato que relacionan la asignatura de Física con la experimentación y el uso de tecnologías (Decreto 38/2015).

La enseñanza de la Física se apoya en tres aspectos fundamentales e interconectados: la introducción de conceptos, la resolución de problemas y el **trabajo experimental**.

La metodología didáctica de esta materia debe potenciar un correcto desarrollo de los contenidos, para lo que se precisa **generar escenarios atractivos y motivadores** para los alumnos.

La Física como ciencia experimental es una actividad humana que comporta procesos de construcción del conocimiento sobre la base de la **observación**, el **razonamiento** y la **experimentación**.

Es importante el uso de los **laboratorios** disponibles en los centros de Enseñanza Secundaria, de forma que el alumno pueda alcanzar unas determinadas capacidades experimentales.

Se quiere potenciar la utilización de las metodologías específicas que las **tecnologías de la información y comunicación** ponen al servicio de alumnos y profesores.

Cabe mencionar que el uso de la plataforma Arduino (o de otros sistemas automatizados en su defecto) no está incluido en el currículum de Bachillerato explícitamente, pero es una herramienta que se suele utilizar en las asignaturas de Sistemas de Control y Robótica (3º E.S.O) o Tecnología (4º E.S.O.). Es por esto por lo que muchos alumnos pueden estar familiarizados con este tipo de plataformas, lo que puede resultar de ayuda al profesor y, sobre todo, a sus

compañeros. No obstante, es una herramienta sencilla y provechosa para la que no hace falta tener conocimiento previo, ya que manejar tanto hardware como software resulta intuitivo y no va en detrimento del estudio de los fenómenos físicos.

3. Objetivos

Los objetivos que se busca cumplir mediante la propuesta de la integración de la robótica de Arduino en el aula de Física son los siguientes:

- Introducir la experimentación en la asignatura de Física de segundo de Bachillerato, evitando las clases meramente expositivas y remarcando la importancia del método científico en las ciencias experimentales como la Física.
- Relacionar aspectos de la vida cotidiana con los fenómenos físicos puestos en práctica y reconocer la utilidad del estudio de la Física.
- Iniciar a los alumnos en el uso de sistemas robóticos y relacionarlos con la adquisición de datos y la obtención de resultados sobre magnitudes y variables físicas.
- Estimular y desarrollar el pensamiento crítico, la lógica y el pensamiento computacional de los alumnos, favoreciendo así la capacidad de resolución de problemas y de toma de decisiones.
- Relacionar el aprendizaje de la Física con el uso de las nuevas Tecnologías de Información y Comunicación.
- Desarrollar actitudes de trabajo en equipo, en las que priman la comunicación, la tolerancia y respeto.

4. Propuesta didáctica

En el siguiente apartado se van a describir en detalle los elementos de la propuesta didáctica, que pretende implementar la experimentación apoyada en la robótica de Arduino para el aprendizaje de los contenidos de la asignatura de Física. En concreto, se proponen tres actividades experimentales de ejemplo para trabajar diferentes unidades didácticas de la asignatura. Se especificarán los contenidos curriculares que se trabajan en cada práctica, las competencias y habilidades que se ven fortalecidas con la actividad y se describirán los materiales, la metodología y la temporalización de cada práctica.

4.1. Contenidos

La propuesta está dirigida a tres unidades didácticas de la asignatura de Física, repartidas en dos bloques distintos. En la Tabla 2 se pueden ver los nombres de los experimentos y los bloques donde se trabajan, junto con los contenidos dentro de estos, según indica el Decreto 38/2015 de la Comunidad Autónoma de Cantabria.

Tabla 2. Relación de las tres prácticas experimentales de la propuesta con los bloques de la asignatura de Física de 2º de Bachillerato, los contenidos dentro de estos a los que afecta y los criterios de evaluación asociados.

PRÁCTICA	BLOQUE	CONTENIDOS	CRITERIOS DE EVALUACIÓN
Medida de la gravedad con un péndulo	Interacción gravitatoria	-Ley de Gravitación Universal. -Campo gravitatorio. Intensidad del campo gravitatorio.	-Asociar el campo gravitatorio a la existencia de masa y caracterizarlo por la intensidad del campo y el potencial. -Reconocer el carácter conservativo del campo gravitatorio por su relación con una fuerza central y asociarle en consecuencia un potencial gravitatorio.

Termómetro de color	Ondas	<ul style="list-style-type: none"> - Efecto Doppler. - Ondas longitudinales: el sonido. -Energía e intensidad de las ondas sonoras. Nivel de intensidad sonora. Contaminación acústica. -Aplicaciones tecnológicas del sonido. 	<ul style="list-style-type: none"> -Explicar y reconocer el efecto Doppler para el sonido. -Identificar los efectos de la resonancia en la vida cotidiana: ruido, vibraciones, etc. -Reconocer determinadas aplicaciones tecnológicas del sonido como las ecografías, radares, sonar, etc.
Radar detector de objetos		<ul style="list-style-type: none"> -Ondas electromagnéticas. -Espectro electromagnético. Energía de una onda electromagnética. -Dispersión. El color. 	<ul style="list-style-type: none"> -Comprender las características y propiedades de las ondas electromagnéticas, como su longitud de onda, polarización o energía, en fenómenos de la vida cotidiana. -Identificar el color de los cuerpos como resultado de la interacción de la luz con los mismos.

Como se puede observar en la tabla anterior, los criterios de calificación buscan la comprensión de fenómenos físicos complejos y la relación de estos con el mundo real que en el que nos desenvolvemos, que es una meta importante de la propuesta didáctica. Al desarrollar experimentos automatizados, se transmite a los estudiantes la importancia del estudio de la Física y la repercusión de éste en el aprendizaje del funcionamiento de la materia que nos rodea.

4.2. Desarrollo de las competencias clave

Como en todos los procesos de enseñanza-aprendizaje que se llevan a cabo en un centro educativo, hay una serie de competencias que se trabajan, en ocasiones de manera intrínseca a la actividad que se realiza y en otras incluyendo ciertos matices para desarrollar las ocho competencias clave dictadas por las orientaciones de la Unión Europea. A continuación, se va a detallar qué partes de esta propuesta didáctica van a fomentar estas competencias y de qué manera.

- **Competencia matemática:** los procesos lógicos y aritméticos que se llevan a cabo en la programación con Arduino están profundamente relacionados con las matemáticas. Además, las matemáticas están unidas a la Física en todo momento, apareciendo en fórmulas, cálculos y demostraciones, e integrando variables cuyo comportamiento está regido por ecuaciones matemáticas.
- **Competencias básicas en ciencia y tecnología:** estas competencias son esenciales en el desarrollo de esta propuesta, ya que la actividad comprende procesos físicos para cuya comprensión se ha de aplicar el método científico y tiene como objetivo un razonamiento por parte del alumno y una aplicación a su vida personal en lo que a procesos físicos se refiere. Se trabaja con la tecnología como herramienta principal, porque se construyen circuitos electrónicos con la plataforma Arduino que incluyen sensores, actuadores y más componentes de los que hay que conocer su función dentro del sistema. También se requiere conocer la relación entre el funcionamiento del circuito y la programación de Arduino que lo dirige, es decir, razonar las funciones del software y hardware dentro del experimento.
- **Competencia digital:** esta competencia se trabaja principalmente de la mano de Arduino y su software específico, ya que los alumnos deben adquirir nociones básicas de programación. También puede trabajar de la mano de herramientas de simulación de circuitos electrónicos en el ordenador.
- **Competencia de aprender a aprender:** la búsqueda de explicaciones lógicas, el razonamiento y el pensamiento crítico que los experimentos requieren hacen que el alumnado desarrolle la competencia de

aprender a aprender, permitiendo a los individuos encontrar sentido y explicación al entorno que los rodea. El hecho de utilizar la robótica educativa requiere un análisis y una autoevaluación por parte del alumno, ya que se puede dar el caso de experimentos con un montaje incorrecto o fallos en el código de Arduino.

- **Competencias sociales y cívicas:** el trabajo en equipo ayuda a fortalecer estas competencias, ya que el alumno desarrolla valores como la cooperación, la tolerancia, el respeto y la inclusión. En las experiencias propuestas el alumno debe argumentar, discutir, debatir y escuchar a su grupo para alcanzar los resultados óptimos en el experimento y para extraer conclusiones válidas.
- **Competencia de sentido de iniciativa y espíritu emprendedor:** la toma de decisiones y la asunción de riesgos tanto en grupo como individualmente están íntimamente relacionadas con esta competencia. Fomenta que el alumno sea capaz de pensar y generar nuevas ideas para resolver los problemas que se generen.
- **Competencia lingüística:** esta competencia se trabaja fundamentalmente con el aprendizaje de vocabulario específico, tanto el relacionado con conceptos físicos que se estén estudiando, como con el mundo de la robótica y la programación. También se desarrolla en la explicación del experimento, de los resultados y de los procesos físicos que están involucrados, pues el relato tiene que ser coherente y cohesionado al comunicarse con el resto de los compañeros o el profesor.
- **Competencia de conciencia y expresiones culturales:** la física tiene de por sí un componente cultural, pues da explicación a fenómenos que suceden en la vida real y está relacionada con muchos acontecimientos históricos y descubrimientos que dependen de la cultura y de las personas.

Tras comentar las ocho competencias clave que se desarrollan y se fortalecen con esta propuesta, se ha hecho un resumen de las habilidades y procesos que más se ven afectados positivamente en el transcurso de las prácticas experimentales que se proponen (Figura 8).



Figura 8. Habilidades y procesos desarrollados en las prácticas que unen la robótica de Arduino con la física experimental.

Estas habilidades están relacionadas tanto con la metodología de trabajo en esta propuesta como con la naturaleza científica y tecnológica inherente a la experimentación en la ciencia.

4.3. Materiales y recursos didácticos

Los materiales utilizados en las prácticas tienen en común el uso de la plataforma Arduino y su kit de trabajo. En concreto, para estas prácticas se ha escogido la placa Arduino Uno, por poseer una gran relación calidad-precio y por ofrecer una amplia gama de componentes. Además, su funcionamiento se adecúa a las exigencias de los experimentos que se van a desarrollar. Esta placa posee 14 pines digitales y 6 pines analógicos, y es alimentada por conexión USB. Como elementos comunes a todas las prácticas encontramos los cables jumper, que pueden ser macho-macho, macho-hembra o hembra-hembra en función de lo que el experimento requiera. Dentro de cada práctica se concretarán los demás componentes que se van a utilizar, ya que hay componentes específicos según el objetivo del experimento que no se repiten en las demás.

Para programar las placas, se va a utilizar una plataforma de programación por bloques, en vez de utilizar el lenguaje de Arduino, que está basado en el lenguaje de programación C++. Esto permite a los alumnos comprender más fácilmente los procesos lógicos y desenvolverse por el programa encontrando las funciones y los componentes que necesitan. Además, si se utilizara el lenguaje puro de Arduino, habría que emplear más sesiones en explicarlo a fondo, y no es el objetivo que mueve esta propuesta. Por lo tanto, la plataforma de programación por bloques escogida es Arduino Blocks, muy popular, completa y sencilla de comprender para alumnos inexpertos o principiantes. Se puede acceder a su página principal mediante el siguiente enlace:

<http://www.arduinoblocks.com/>

En la Figura 9 se puede ver una programación por bloques sencilla en el entorno Arduino Blocks. Como se puede apreciar, cuenta con bloques de distintos colores para diferenciar funciones, componentes y operadores, y su lenguaje resulta muy visual y atractivo para el estudiante.

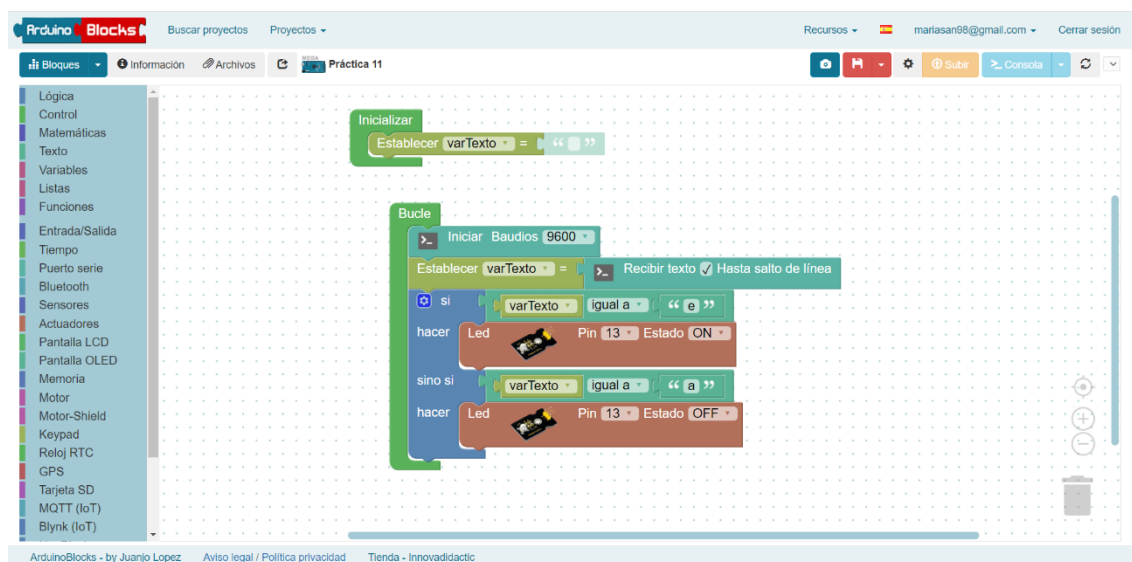


Figura 9. Ejemplo de programación por bloques en el entorno Arduino Blocks.

Ya que se va a utilizar un software online, es preciso disponer de ordenadores con conexión a Internet para que los alumnos puedan crear los bloques y después introducir el programa en la placa Arduino Uno. La ventaja de este tipo de plataformas de robótica es que una vez que el programa ha sido subido a la placa, esta lo almacena y lo repite sin necesidad de estar conectada

al software. Es decir, que solo se necesita una batería para que la placa funcione y no hace falta tener un ordenador cerca.

Estos son los materiales y recursos básicos para poder llevar a cabo las prácticas, aunque en algunas ocasiones será necesario incluir instrumentos que no tengan que ver con la electrónica para completar los montajes. No obstante, serán objetos cotidianos y fáciles de conseguir, para que las prácticas resulten sencillas para diseñar y ejecutar y sin materiales demasiado específicos o caros.

4.4. Metodología y temporalización

La actividad docente en esta propuesta didáctica está sustentada en tres principios metodológicos fundamentales, que en resumen buscan siempre el aprendizaje del alumnado de manera autónoma y cooperativa, actuando el profesor como una guía y una figura a la que acudir en caso de dificultades, pero siempre procurando dejar el aprendizaje en manos de los estudiantes. Los tres principios metodológicos se detallan a continuación:

- **Participación en las actividades:** la participación es esencial en el aula, ya que aporta constante dinamismo a las actividades y favorece el aprendizaje. El diálogo docente-alumno, igual que el diálogo alumno-alumno, ayuda a la resolución de dudas y al surgimiento de nuevas e interesantes cuestiones y mejora el proceso de enseñanza-aprendizaje.
- **Motivación por la asignatura:** el alumno motivado se implica más en el estudio, mejora su rendimiento académico y adquiere mayor facilidad para superar los retos que le plantea la asignatura. En Física es importante mantener a los estudiantes con una actitud motivada, pues deben sentir que la asignatura es útil y curiosa y no simplemente una asignatura más que aprobar. Para ello, son relevantes la positividad del docente, el apoyo a los alumnos y la adecuación de las explicaciones al nivel de cada chico o chica.
- **Experimentación en el aula:** desarrollar experimentos en el aula es especialmente importante en el ámbito científico-tecnológico, como ya se ha comentado previamente. La experimentación ayuda a procesar los conceptos, contribuye al aprendizaje autónomo del alumno y

fortalece la capacidad de toma de decisiones, el pensamiento crítico y el trabajo en equipo.

En cuanto al agrupamiento del alumnado, los estudiantes trabajarán en las prácticas experimentales por parejas. Esto se ha decidido así porque las prácticas experimentales es común realizarlas en grupo, ya que hay veces que se necesita una persona haciendo una función y otra haciendo otra distinta, siendo inviable que un único integrante sea capaz de manejarse por sí mismo. Pensando en el posible futuro universitario, las prácticas experimentales de las carreras científicas se suelen resolver en grupos de dos o tres estudiantes. De este modo, se acostumbran al reparto de tareas y a organizarse dentro de un grupo. Además, teniendo en cuenta que la plataforma Arduino puede ser terreno desconocido para muchos alumnos, el trabajo de dos en dos favorece el aprendizaje, ya que la ayuda mutua en caso de dificultades o dudas es crucial, en lugar de tener que estar recurriendo continuamente al profesor o, simplemente, quedarse con la duda y errar.

Es sabido que trabajando en grupo se potencian habilidades y actitudes como la comunicación entre iguales, el respeto y la tolerancia hacia los compañeros, el debate y toma de decisiones... Al estar en un grupo, a veces hay que ceder ante la opinión o la preferencia del otro, argumentar a la hora de tomar una decisión fundamental de la práctica y siempre dirigirse con educación y respeto al compañero para que haya una buena coordinación que garantice el cumplimiento de los objetivos.

Establecido lo anterior, el desarrollo de las prácticas constará de una estructura básica, que se presenta en la Figura 10.

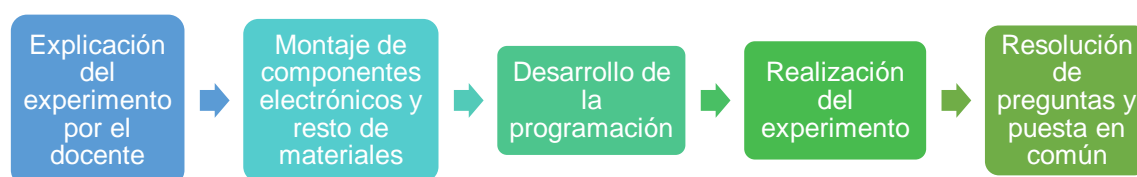


Figura 10. Diagrama de la estructura común a las tres prácticas propuestas.

Se puede observar que la primera parte consiste en la explicación del experimento y los conceptos físicos que éste abarca por el profesor, previamente al comienzo de la práctica. Después tienen lugar el montaje del experimento con la placa Arduino y sus componentes, así como el resto de los componentes no electrónicos que hagan falta. Para esta parte, los alumnos tendrán como ayuda un esquema de las conexiones realizado con Fritzing (<https://fritzing.org/>), un programa de automatización del diseño electrónico. Luego se desarrollará la programación en Arduino Blocks, para la que tendrán algo de ayuda, pues se les orientará con los bloques que deben utilizar en el código. Una vez acabadas estas tres tareas, se llevará a cabo el propio experimento, recabando datos si fuera necesario. Finalmente, los estudiantes deberán resolver de manera individual una serie de preguntas planteadas al final de la práctica, para después resolverlas junto al profesor y el resto de compañeros.

Entrando en la temporalización de la propuesta didáctica, ésta incluye aproximadamente siete sesiones de la asignatura de Física, que en los centros educativos suelen durar 50 minutos cada una. Es decir, que se dedican casi seis horas en total a la propuesta. Se ha decidido que las prácticas experimentales ocupen dos sesiones, mientras que habrá una sesión introductoria al trabajo con Arduino, tanto de manera física como computacional, que comprenda solamente una sesión. Ahora bien, esta temporalización se puede modificar en función del grupo con el que se trabaje (nivel de aprendizaje, conocimientos previos de programación y/o electrónica, número de alumnos en el aula, etc.), en función del tiempo disponible para la actividad (ya que hay que ceñirse a una programación didáctica, respecto a la cual se puede ir retrasado o adelantado, y en 2º de Bachillerato es especialmente relevante seguirla al día) y en función de otras causas que puedan hacer que el número de sesiones dedicadas a estos experimentos de física con robótica se reduzca o se amplíe.

En la Tabla 3 se puede ver la distribución y el orden de las prácticas, junto con el momento de la programación en el que se deben comenzar a desarrollar. Las prácticas se han ordenado cronológicamente, en base a la organización de los contenidos en el Decreto 38/2015 del Boletín Oficial de Cantabria. Sin embargo, si la programación didáctica de la asignatura se ha planteado de otra manera, se puede cambiar el orden. La única sesión que permanece inamovible

es la de Introducción a Arduino, ya que es la base para que las sesiones posteriores se desarrollen rápida y favorablemente.

Tabla 3. Distribución de las 7 sesiones de la propuesta didáctica y momento de la programación en el que corresponde su desarrollo.

Sesiones	Descripción	Momento
1	Introducción a Arduino y práctica de prueba	En las sesiones previas al comienzo de la Práctica 1
2, 3	<u>Práctica 1</u> : Medida de la gravedad con un péndulo	Al final del bloque <i>Interacción Gravitatoria</i>
4, 5	<u>Práctica 2</u> : Termómetro de color	Al final de la unidad didáctica de <i>Espectro electromagnético</i> y <i>El color</i>
6, 7	<u>Práctica 3</u> : Radar detector de objetos	Al final de la unidad didáctica de <i>Ondas longitudinales: sonido</i>

4.5. Sesión de introducción

Como se ha comentado anteriormente, se requiere una sesión de introducción a la plataforma Arduino antes de comenzar las prácticas. En esta sesión, los alumnos deben familiarizarse con los componentes electrónicos del kit Arduino y también con la programación por bloques de Arduino Blocks (o recordarlos, en caso de haber trabajado con Arduino previamente). La sesión se dividirá entonces en dos partes diferenciadas, hardware y software:

- **Hardware de Arduino:** se presentará a los alumnos el kit de Arduino Uno, destacando la placa Arduino Uno y la protoboard como componentes esenciales y afines a todas las prácticas. Se les explicará la función de los pines digitales y analógicos, así como de los pines de tierra (GND) y voltaje (5 V), y cómo conectar los componentes a ellos. Es fundamental también la comprensión de la placa de pruebas

o protoboard, para que aprendan cómo están dispuestos los orificios en ésta y sean capaces de conectar elementos en serie al hacer el circuito electrónico. Se hará un repaso general de componentes básicos del kit, y también se introducirán brevemente los componentes que se usarán en las prácticas futuras, haciendo un inciso en las conexiones a la placa.

- **Software de Arduino Blocks:** los alumnos se deberán familiarizar con el funcionamiento de Arduino Blocks, conociendo las distintas categorías de bloques, cómo conectarlos y el sentido físico que adquieren al acabar la programación. Se les mostrará dónde encontrar los sensores, los actuadores, el servomotor o la pantalla LCD. También se les explicará en qué consiste la categoría de puerto serie y cómo obtener mensajes por pantalla. Una vez explicado esto, se les enseñará a cargar una programación a la placa Arduino Uno.

Para afianzar los conocimientos adquiridos en esta sesión, dado que son muy nuevos y pueden resultar complicados de digerir, se propone realizar una mini-práctica de ejemplo (teniendo en cuenta el tiempo disponible). Dos ejemplos de prácticas sencillas serían el semáforo y la barrera de parking.

La primera consiste en conectar tres LEDs (rojo, amarillo y verde) a la protoboard y a la placa Arduino, y hacer una programación para que se enciendan sucesivamente como si se tratara de un semáforo de carretera. Es un procedimiento muy sencillo, pero ayuda a entender bloques básicos como el bucle.

La segunda práctica incluye componentes que se utilizarán posteriormente, y se trata de conectar un sensor ultrasónico y un servomotor a la placa Arduino y programarla para que, cuando el sensor ultrasónico detecte movimiento a una distancia dada (de un supuesto coche), el servomotor mueva su hélice un cierto ángulo, espere unos segundos y vuelva a la posición original (levantando una barrera). Esta programación es un poco más avanzada, ya que incluye condiciones de tipo “sí”, “si no”, e integra dos componentes diferentes y más complicados en lo que a conexiones se refiere.

4.6. Prácticas

Este apartado pretende hacer una descripción detallada de las tres prácticas que se proponen en este trabajo. En primer lugar, se presentará el objetivo específico de la práctica. Después se hará una lista de los materiales necesarios para llevar el proyecto a cabo. Luego se describirá el procedimiento, aportando instrucciones sobre cómo construir el montaje, cómo programar el código en Arduino Blocks y, finalmente, cómo ejecutar el experimento.

4.6.1. Práctica 1: Medida de la gravedad con un péndulo

El objetivo de esta práctica experimental es determinar el valor de la aceleración de la gravedad, g , mediante el conteo de oscilaciones de un péndulo simple. La introducción de la plataforma Arduino va a permitir automatizar el cálculo, sin tener que preocuparse por contar las oscilaciones “a ojo”. El principal protagonista de la práctica es el sensor infrarrojo de Arduino, que detectará el movimiento del péndulo. Esta práctica está relacionada con los contenidos de *Interacción gravitatoria*, ya que en ella se pueden comentar conceptos como fuerza gravitatoria, aceleración de la gravedad o energía potencial. También se puede asociar con los contenidos de mecánica y dinámica estudiados el curso anterior, lo que permite refrescar este bloque que no se imparte de manera directa en 2º de Bachillerato y establecer conexiones con los contenidos estudiados en el curso presente.

A continuación aparece una lista con los materiales necesarios para el desempeño del experimento. Como se puede observar, se utilizan tanto componentes del kit Arduino Uno como materiales no electrónicos para la construcción del péndulo.

LISTA DE MATERIALES

Placa Arduino Uno

Cables Jumper

Sensor infrarrojo

Pantalla LCD i2c

Placa Protoboard

Bola (u otro objeto similar)

Hilo o cuerda

Cinta métrica

Soporte o superficie para colgar péndulo

Porta pilas

El diseño del experimento consiste en el montaje de un péndulo simple, construido con una bola o una masa cualquiera que haga de extremo inferior del péndulo, una cuerda o un hilo (de longitud L conocida) y un soporte para colgar el péndulo. En el caso de no disponer de uno, se podría pegar el hilo al extremo de una silla o una mesa. En cuanto a los componentes del kit Arduino, se deben conectar un sensor infrarrojo (que detecta el paso del péndulo por un punto fijo) y una pantalla LCD a la placa Arduino Uno. Se recomienda posicionar el sensor infrarrojo en el punto más bajo del recorrido del péndulo, como se indica en la Figura 11. En la Figura 12 aparece el esquema de conexiones electrónicas, donde el sensor infrarrojo se conecta a un pin analógico. Cabe mencionar que no se han hecho las conexiones de la pantalla LCD porque dependen del modelo de pantalla que se utilice. La más sencilla de utilizar es la 2ic, ya que tiene solamente dos pines (SDA y SCL) y reduce significativamente el cableado y la dificultad de las conexiones. La placa de Arduino Uno debe ser alimentada por una batería, un porta pilas o directamente conectada al puerto USB del ordenador, aunque las dos opciones anteriores dan más libertad de movimiento y se adecúan más al objetivo de este experimento.

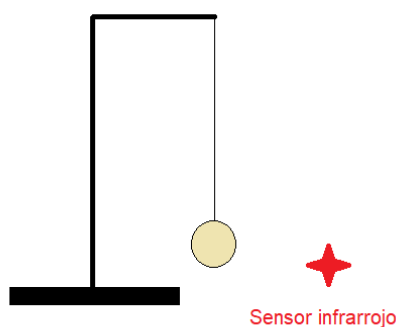


Figura 11. Esquema de la disposición del péndulo con respecto al sensor infrarrojo.

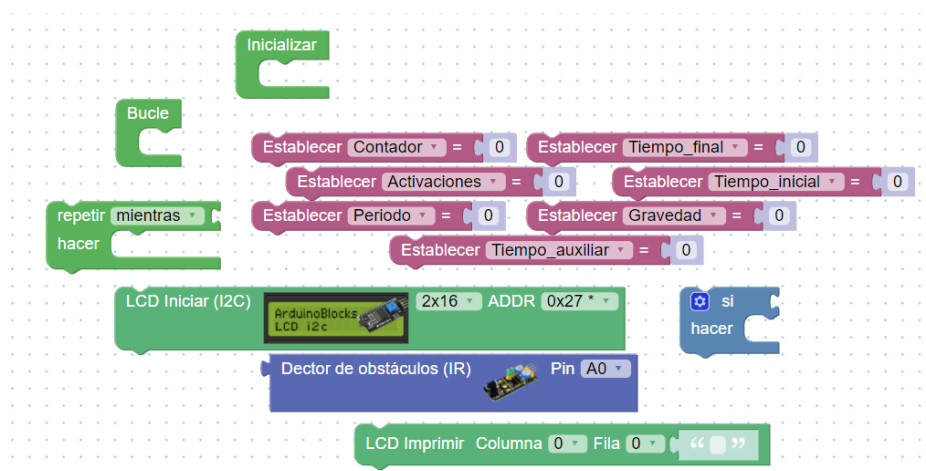


Figura 13. Nube de bloques que los alumnos utilizan como guía de la programación en la práctica “Medida de la gravedad con un péndulo”.

Finalmente, los alumnos pondrán el péndulo a oscilar y se ejecutará la programación de Arduino. El experimento se repetirá cinco veces para obtener un valor medio de g . Se les propondrá resolver las siguientes preguntas de manera individual, para después comentarlas en grupo:

- ¿Qué valor medio de la aceleración de la gravedad has obtenido? ¿Es compatible con el valor conocido de g ?
- ¿Qué posibles fuentes de error puede haber en el experimento?
- ¿Cómo definirías la aceleración de la gravedad? ¿Tiene un valor constante en la Tierra?
- Al soltar dos objetos desde la misma altura en el vacío, ¿cuál de los dos tocaría el suelo primero: el de mayor o menor masa?
- ¿Qué ocurriría si repetimos este experimento en la Luna? Sabiendo que la gravedad en la Luna es $g_L = 1.62 \text{ m/s}^2$, calcula el período de oscilación de tu péndulo.
- ¿Qué provoca que la bola del péndulo siga oscilando y no se detenga en su punto más bajo, debido a la fuerza de atracción de la Tierra?

4.6.2. Práctica 2: Termómetro de color

El objetivo de esta práctica es medir la temperatura de varios objetos de diferentes colores y comprobar que hay una relación entre el color de un ente y su temperatura cuando la luz solar incide sobre éste. Mediante Arduino, se va a utilizar un sensor de temperatura que captará la temperatura de ciertos objetos,

y será mostrada en la pantalla del ordenador. Esta práctica está relacionada con los contenidos del bloque *Ondas*, concretamente con la parte de espectro electromagnético y color. Se espera que los alumnos aprendan que el color de los objetos se trata de una percepción y que establezcan la relación entre el color, la longitud de onda, la frecuencia y la energía en el espectro electromagnético.

A continuación se muestra la lista de los materiales necesarios para el desempeño de la práctica:

LISTA DE MATERIALES

Placa Arduino Uno

Cables Jumper

Sensor de temperatura NTC

Protoboard

Latas pintadas de negro, blanco y otros colores

Agua

Lámpara (si no hay suficiente luz solar)

A la hora de construir el montaje experimental, primero se realizan las conexiones del sensor de temperatura NTC a la placa Arduino Uno. Es un montaje muy sencillo como se muestra en el esquema de la Figura 14. El sensor de temperatura se conecta a un pin analógico. La placa Arduino deberá estar conectada al puerto USB del ordenador para poder mostrar los valores de la temperatura en todo momento.

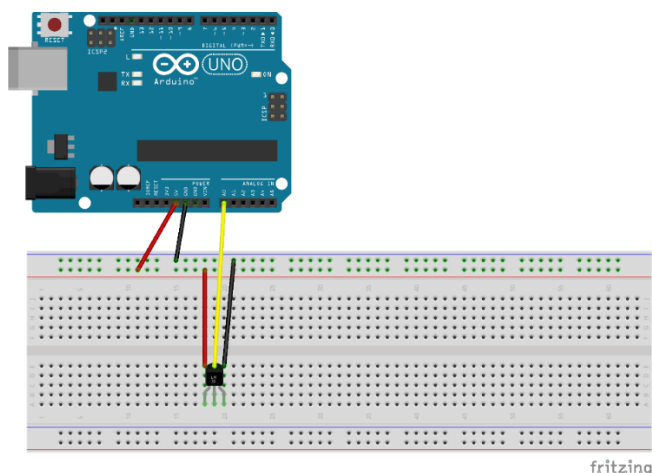


Figura 14. Esquema de las conexiones de la práctica “Termómetro de color”. Hecho con Fritzing.

Después, se realiza la programación en Arduino Blocks, que es muy sencilla. Tan solo se debe establecer que el sensor de temperatura mida continuamente la temperatura y el valor se muestre utilizando el puerto serie. En el Anexo 7.2 se puede encontrar la programación completa. Esta es la nube de bloques que se les presenta en la práctica (Figura 15):

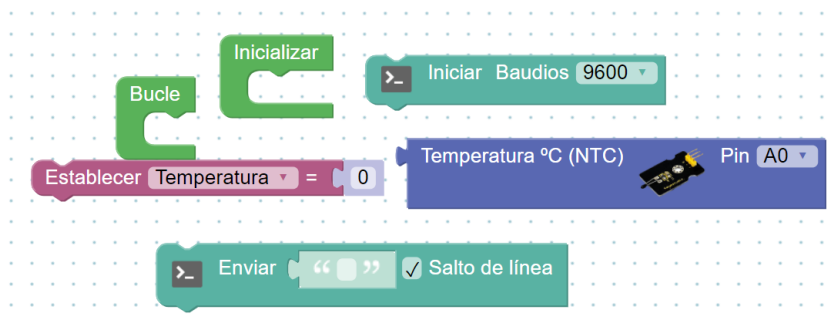


Figura 15. Nube de bloques que los alumnos utilizan como guía de la programación en la práctica “Termómetro de color”.

Una vez montados los componentes y hecha la programación, los alumnos deben utilizar el sensor para determinar la temperatura de diferentes objetos, en especial de una serie de latas pintadas de diferentes colores, entre ellos blanco y negro, y llenas de agua. Las latas se dejarán durante un tiempo al sol, o bajo la luz de una lámpara de escritorio en caso de que esté nublado. Una vez transcurrido el tiempo suficiente, se introduce el sensor dentro de la lata y se apunta la temperatura que aparece en el monitor. Así se repetirá para todas las latas, y más de una vez para cada una. De este modo, se podrá obtener una escala de los colores de mayor a menor temperatura.

Tras terminar el experimento, se les pedirá a los alumnos que realicen las siguientes preguntas:

- ¿Por qué vemos los objetos de diferentes colores? ¿Qué significa que un objeto sea blanco? ¿Y negro?
- ¿Qué color tiene mayor temperatura al recibir la luz solar? ¿Por qué?
- ¿Sabrías decir entre qué longitudes de onda se encuentra situada la luz visible en el espectro electromagnético? ¿Cuál es el color con la frecuencia más baja? ¿Y el de la más alta?

- ¿Qué tipo de radiaciones del espectro electromagnético resultan dañinas para el ser humano? ¿Por qué estas son dañinas y el resto de las radiaciones no?

4.6.3. Práctica 3: Radar detector de objetos

El objetivo de esta práctica es la construcción de un radar que actúe rotando un ángulo de 180º detectando objetos que están a una distancia menor de 20 cm, y que como respuesta active un zumbador y muestre un mensaje por la pantalla LCD de si el objeto se encuentra a la derecha o a la izquierda. El radar lo forman dos componentes de Arduino: un sensor ultrasonido, el cual envía ondas de ultrasónico por un transductor mientras que otro transductor se encarga de recibir las ondas rebotadas, y un servomotor, que se encarga de rotar el sensor ultrasónico 180º, ida y vuelta, de manera continuada. En esta práctica se trabajan los contenidos del bloque *Ondas*, en particular los referidos al sonido y a sus aplicaciones tecnológicas y efectos en la vida cotidiana.

Aquí podemos encontrar un listado de los materiales necesarios para llevar a cabo esta práctica:

LISTA DE MATERIALES

Placa Arduino Uno

Cables Jumper

Sensor ultrasónico HC-SR04

Servomotor pequeño

Zumbador

Pantalla LCD i2c

Protoboard

Porta pilas

Pistola de silicona / cinta adhesiva

En la Figura 16 se puede ver un esquema de las conexiones de los elementos electrónicos. El servomotor, el zumbador y el sensor ultrasónico se conectan a pines digitales. El zumbador no requiere de conexión al pin de 5 V. Como se ha comentado en la Práctica 1, no se han hecho las conexiones de la pantalla LCD porque dependen del modelo de pantalla. Se recomienda usar la i2c por su mayor facilidad de conexión. La placa Arduino Uno será alimentada

por una batería o por un porta pilas, que dan libertad de movimiento al montaje experimental.

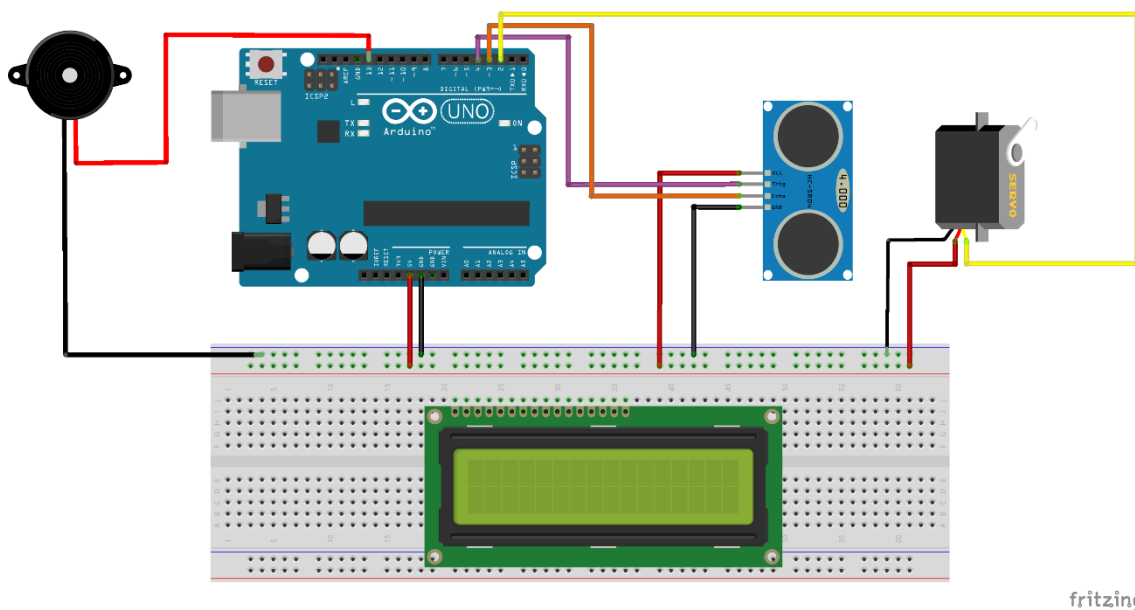


Figura 16. Esquema de las conexiones de la práctica “Radar detector de objetos”. Hecho con Fritzing.

Para permitir que el sensor ultrasónico rote con el servomotor, se utilizará una pistola de silicona o bien algún tipo de cinta adhesiva para situar el sensor ultrasónico encima de la hélice del servomotor. El resultado debería ser algo como lo mostrado en la Figura 17 (Ayala, 2020).

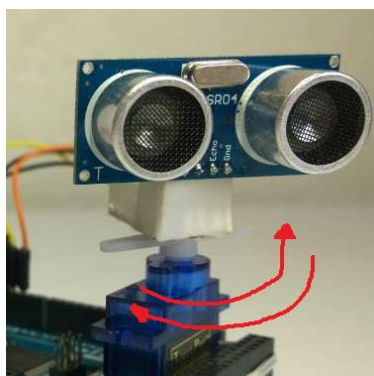


Figura 17. Fotografía del montaje del sensor ultrasónico encima del servomotor para la construcción del radar. Fuente: Ayala, 2020.

A continuación, se realiza la programación por bloques en Arduino Blocks, que, como siempre, está guiada por una nube de bloques que los alumnos deben utilizar en su código (Figura 18). La programación completa está en el Anexo 7.3.



Figura 18. Nube de bloques que los alumnos utilizan como guía de la programación en la práctica "Radar detector de objetos".

Una vez con el montaje experimental y la programación preparadas, se deben posicionar objetos frente al radar, más cerca o más lejos, y a ambos lados del sensor. Entonces se debe corroborar el buen funcionamiento del montaje, chequeando si el zumbador pita a la vez que aparece un mensaje por la pantalla LCD de la posición del objeto.

Finalmente, los alumnos deberán contestar por su cuenta las siguientes preguntas, que después serán resueltas en clase:

- ¿Qué son las ondas ultrasonido?
- Explica cómo crees que funciona el sensor ultrasónico del experimento.
¿Cuáles pueden ser fuentes de error en la detección de objetos?
- ¿Crees que se podría crear un radar de detección de velocidad a partir de los elementos electrónicos de esta práctica? Explica, a grandes rasgos, cómo lo harías.
- ¿Qué es el efecto Doppler? ¿Se aplica solo a ondas de sonido?
- ¿Conoces más aplicaciones tecnológicas del sonido? Describe el funcionamiento de las máquinas que aprovechan las propiedades del sonido.

5. Conclusiones

El objetivo que se ha pretendido alcanzar con esta propuesta didáctica es reflejar las posibilidades de enseñar la Física de una manera original, novedosa y plural, ya que es muy amplia la variedad de experimentos y experiencias relacionadas con fenómenos físicos que se pueden diseñar mediante la robótica educativa. Al alejarse de los experimentos tradicionales, en los que a menudo es el profesor quien debe desempeñar las funciones importantes (por escasez de material o por dificultad de manejo de los instrumentos), se implica más al alumno en su aprendizaje, puesto que se le anima a razonar y a ser crítico a la hora de hacer el montaje del circuito y de escribir la programación por bloques. El uso de Arduino como herramienta robótica permite a los estudiantes estar en contacto con muchos componentes electrónicos y ser capaces de reconocer las funciones de estos y su utilidad concreta dentro de un circuito. También es importante para ellos el familiarizarse con la programación, una herramienta muy útil para alumnos que estén pensando en hacer una carrera científico-tecnológica e incluso muy reclamada en el sector laboral.

Las tres prácticas que se presentan en esta propuesta son un ejemplo de cómo enfocar los contenidos del currículum de Física de manera diferente, siendo aplicable este enfoque relacionado con la robótica a muchas más unidades didácticas de la programación de la asignatura. Esto es así gracias a la amplitud de componentes de Arduino en el mercado y la flexibilidad de su código, ya que posibilita la creación de infinitas prácticas experimentales, de mayor o menor dificultad dependiendo de a qué edad y a qué nivel de conocimientos estén enfocadas.

Por último, es preciso señalar que esta es tan solo una de las muchas maneras de introducir las nuevas tecnologías en asignaturas de carácter científico, tal y como lo hacen también las simulaciones y animaciones, las *apps* para teléfono móvil o la gamificación en el aula. Además de mejorar y completar el aprendizaje del alumnado, estos métodos estimulan habilidades tecnológicas e informáticas a la vez que presentan nuevos escenarios de enseñanza y aprendizaje en el aula, que los alumnos acogen con curiosidad y motivación.

6. Bibliografía / Webgrafía

Alegre, M. S. y Cuetos, M. J. (2021). Sensores y equipos de captación automática de datos en los trabajos prácticos de Física y Química de Secundaria y Bachillerato: el uso de Arduino. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1202.

<https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/6139/6868>

Arduino. (2018, 5 de febrero). *What is Arduino?*

<https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>

Aula Aglaia. (2019, 30 de noviembre). *El péndulo simple. Medir el período con Arduino. (Parte II)*.

<https://aulaglaia.es/el-pendulo-simple-medir-el-periodo-con-arduino-parte-ii/>

Ayala, D. (2020). *Radar Arduino Processing*. Proyectos Módulo Arduino – Google Sites.

<https://sites.google.com/site/proyectosmoduloarduino/proyectos/radar-arduino-processing>

Barrera Lombana, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11), 215-234.

<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477247215010>

Cilleruelo, L. y Zubiaga, A. (2014). Una aproximación a la Educación STEAM. Prácticas educativas en la encrucijada arte, ciencia y tecnología. *Jornadas de Psicodidáctica*, 18.

<https://www.augustozubiaga.com/web/wp-content/uploads/2014/11/STEM-TO-STEAM.pdf>

Decreto 38/2015. (2015, 22 de mayo). Currículo de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato en la Comunidad Autónoma de Cantabria. Boletín Oficial de Cantabria Extraordinario No 39.

<http://boc.cantabria.es/boces/verAnuncioAction.do?idAnuBlob=287913>

Diego-Mantecón, J. M., Blanco, T. F., Ortiz-Laso, Z., y Lavicza, Z. (2021). Proyectos STEAM con formato KIKS para el desarrollo de competencias clave. *Comunicar: Revista Científica de Comunicación y Educación*, 29(66), 33-43.

<https://www.revistacomunicar.com/index.php?contenido=preimpreso&doi=10.3916%2FC66-2021-03&idioma=es>

El-Abd, M. (2017). A Review of Embedded Systems Education in the Arduino Age: Lessons Learned and Future Directions. *International Journal of Engineering Pedagogy*, 7(2), 79-93.

<https://www.learntechlib.org/p/207404/>

Fornaza, R. & Webber, C.G. (2014). Robótica educacional aplicada à aprendizagem em física. *Novas Tecnologías na Educação* 12(1).

<https://seer.ufrgs.br/renote/article/view/50275/31405>

Gil, S. (2015). Experimentos de Física usando las TIC y elementos de bajo costo. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 12(1), 231-232.

https://rodin.uca.es/xmlui/bitstream/handle/10498/16937/17-resena_3.pdf?sequence=6

Herrador, R. E. (2009). Guía de usuario de Arduino. *Universidad de Córdoba*, 13.

http://electroship.com/documentos/Arduino_user_manual_es.pdf

HiSoUR Arte Cultura Historia. (2018). *Robótica educativa*.

<https://www.hisour.com/es/educational-robotics-43004/#:~:text=La%20rob%C3%B3tica%20educativa%20tiene%20sus,programar%20para%20realizar%20ciertas%20acciones>

Karelina A. & Etkina, E. (2007). Acting like a physicist: Student approach study to experimental design. *Physical Review ST - Physics Education Research*, 3(2), 020106.

<https://journals.aps.org/prper/pdf/10.1103/PhysRevSTPER.3.020106>

Lesteiro-Tejeda, J.A., Hernández-Delfín, D. y Batista-Leyva, A.J. (2017). Automatización de experimentos con Arduino. *Revista Cubana de Física* 34(2), 120-124.

http://www.revistacubanadefisica.org/RCFextradata/OldFiles/2017/34_2/RCF%20No2%202017%20120.pdf

López Ramírez, P.A. y Andrade, H. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación* 37(1), 43-63.

<https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/10628/10298>

Martín-Ramos, P., Lima da Silva, M.M., Joao Lopes, M. & Ramos Silva, M. (2016). Student2student: Arduino project-based learning. *Proceedings of the Fourth International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality*, 79-84.

https://www.researchgate.net/publication/311506099_Student2student_a_rduino_project-based_learning

Moreno, I., Muñoz, L., Serracín, J. R., Quintero, J., Pittí Patiño, K. y Quiel, J. (2012). La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías. *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*. 13(2), 74-90.

<https://www.redalyc.org/pdf/2010/201024390005.pdf>

Odorico, A., Lage, F., y Cataldi, Z. (2009). Educación en robótica, una tecnología integradora. *ZC Fernando Lage, Ed.*

<https://www.academia.edu/download/50516033/45.pdf>

Organtini, G. (2018). Arduino as a tool for physics experiments. *Journal of Physics: Conference Series* 1076(1), 012026.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1076/1/012026/pdf>

Petry, C., Santana, F., Lohmann, D., Correa, G. & Moura, P. (2016). Project teaching beyond Physics: Integrating Arduino to the laboratory. *2016 XII*

Congreso de Tecnología, Aprendizaje y Enseñanza de la Electrónica (XII Technologies Applied to Electronics Teaching Conference) (TAE), 1-6.

https://www.researchgate.net/publication/305908350_Project_teaching_beyond_Physics_Integrating_Arduino_to_the_laboratory

Roig-Vila, R. y Moreno-Isac, V. (2020). El pensamiento computacional en educación. Análisis bibliométrico y temático. *Red. Revista de Educación a Distancia*, 20(63).

<https://revistas.um.es/red/article/view/402621/279891>

Sierra, D. H., Rojas, J. G., & García, Á. R. (2019). Implementando las metodologías steam y abp en la enseñanza de la física mediante Arduino. *Memorias de Congresos UTP: III Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil*, 133-137.

<https://revistas.utp.ac.pa/index.php/memoutp/article/view/2304>

Zambrano-de la Torre, M., Guzmán-Fernández, M., Sifuentes-Gallardo, C., Manuel, V., Cruz-Domínguez, O., Fraire-Hernández, M., Pérez-Martínez, J. y Durán-Muñoz, H. (2020). Una guía práctica para desarrollar equipo de laboratorio con Arduino. *ConCiencia Tecnológica*, (59), 2.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7723825>

7. Anexos

7.1. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 1: Medida de la gravedad con un péndulo

The screenshot displays the Arduino Blocks programming environment. The interface includes a top navigation bar with the Arduino Blocks logo, search options, and user information. A left sidebar lists various hardware components like Lógica, Control, Matemáticas, and Sensores. The main workspace contains a program titled 'Péndulo' with the following logic:

- Inicializar:** LCD Iniciar (I2C) with 2x16 display and address 0x27. Initialize variables: Contador = 0, Activaciones = 21, Tiempo_Inicial = 0, Tiempo_auxiliar = 0, Tiempo_final = 0, Longitud = 0, Periodo = 0, and Gravedad = 0.
- Bucle (repetir mientras):** A loop that runs as long as 'Activaciones' is greater than 0. Inside the loop:
 - hacer si:** If 'Detector de obstáculos (IR)' is triggered at 'Pin A0', then:
 - hacer:** Set 'Tiempo_auxiliar' to 'Tiempo transcurrido (milisegundos)', increment 'Contador' by 1, and if 'Contador' equals 1, set 'Tiempo_Inicial' to 'Tiempo_auxiliar' + 1000.
 - Esperar:** Wait for 200 milliseconds.
- After the loop:** Set 'Tiempo_final' to 'Tiempo transcurrido (milisegundos)' + 1000. Calculate 'Periodo' as 'Tiempo_final' - 'Tiempo_Inicial' divided by 'Contador' - 1, and 'Gravedad' as $39.478 \times \text{Longitud} \div \text{Periodo} \times \text{Periodo}$.
- LCD Imprimir:** Display 'T=' on line 0, column 0; 'Periodo' with 2 decimals on line 0, column 3; 'g=' on line 1, column 0; 'Gravedad' with 2 decimals on line 1, column 3; and 'm/s2' on line 1, column 8.

7.2. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 2: Termómetro de color

The screenshot displays the Arduino Blocks IDE interface. On the left, a sidebar lists various hardware components and functions, including 'Sensores' (Sensors) and 'Actuadores' (Actuators). The main workspace shows a program titled 'termómetro' (thermometer) with the following logic:

- Inicializar** (Initialize) block:
 - Iniciar Baudios** (Start Baud Rates) set to 9600.
 - Establecer Temperatura** (Set Temperature) set to 0.
- Bucle** (Loop) block:
 - Establecer Temperatura** (Set Temperature) set to 'Temperatura °C (NTC)' and 'Pin A0'.
 - Enviar** (Send) block: "La temperatura es de " followed by a 'Salto de línea' (Line Feed) block.
 - Enviar** (Send) block: 'Temperatura' followed by a 'Salto de línea' (Line Feed) block.
 - Enviar** (Send) block: "°C" followed by a checked 'Salto de línea' (Line Feed) block.
 - Esperar** (Wait) block: 1000 milisegundos.

The bottom of the interface shows the footer: 'ArduinoBlocks - by Juanjo Lopez', 'Aviso legal / Política privacidad', and 'Tienda - Innovadidactic'.

7.3. Programación en Arduino Blocks de la Práctica 3: Radar detector de objetos

The screenshot displays the Arduino Blocks IDE interface. On the left, a sidebar lists various components and libraries available for use, including Lógica (Logic), Control, Matemáticas (Mathematics), Texto (Text), Variables, Listas (Lists), Funciones (Functions), Entrada/Salida (Input/Output), Tiempo (Time), Puerto serie (Serial Port), Bluetooth, Sensores (Sensors), Actuadores (Actuators), Pantalla LCD (LCD Screen), Pantalla OLED (OLED Screen), Memoria (Memory), Motor, Motor-Shield, Keypad, Reloj RTC (RTC Clock), GPS, Tarjeta SD (SD Card), MQTT (IoT), and Blynk (IoT).

The main workspace shows a program titled "radar nuevo". The program logic is as follows:

- Inicializar (Initialize):**
 - Establecer (Angulo) = 0 (Set Angle = 0)
 - LCD Iniciar (LCD)
- Bucle (Loop):**
 - LCD Limpiar (LCD Clear)
 - contar con (Angulo) desde 1 hasta 179 de a 1 (Count with Angle from 1 to 179 by 1)
 - hacer (Do):
 - Servo Pin 12 Grados (Angulo) Retardo (ms) 50 (Servo Pin 12 Degrees (Angle) Delay (ms) 50)
 - si (Distancia (cm) [Trigger] 3 [Echo] 2 <= 20 y (Angulo <= 90) (If Distance (cm) [Trigger] 3 [Echo] 2 <= 20 and (Angle <= 90))
 - hacer (Do):
 - LCD Imprimir Columna 0 Fila 0 "Derecha" (LCD Print Column 0 Row 0 "Derecha")
 - Zumbador Pin 13 Ms 500 Hz 1000 (Buzzer Pin 13 Ms 500 Hz 1000)
 - si (Distancia (cm) [Trigger] 3 [Echo] 2 <= 20 y (Angulo >= 90) (If Distance (cm) [Trigger] 3 [Echo] 2 <= 20 and (Angle >= 90))
 - hacer (Do):
 - LCD Imprimir Columna 0 Fila 0 "Izquierda" (LCD Print Column 0 Row 0 "Izquierda")
 - Zumbador Pin 13 Ms 500 Hz 1000 (Buzzer Pin 13 Ms 500 Hz 1000)

The bottom of the interface shows the footer: "ArduinoBlocks - by Juanjo Lopez", "Aviso legal / Política privacidad", and "Tienda - Innovadidactic".